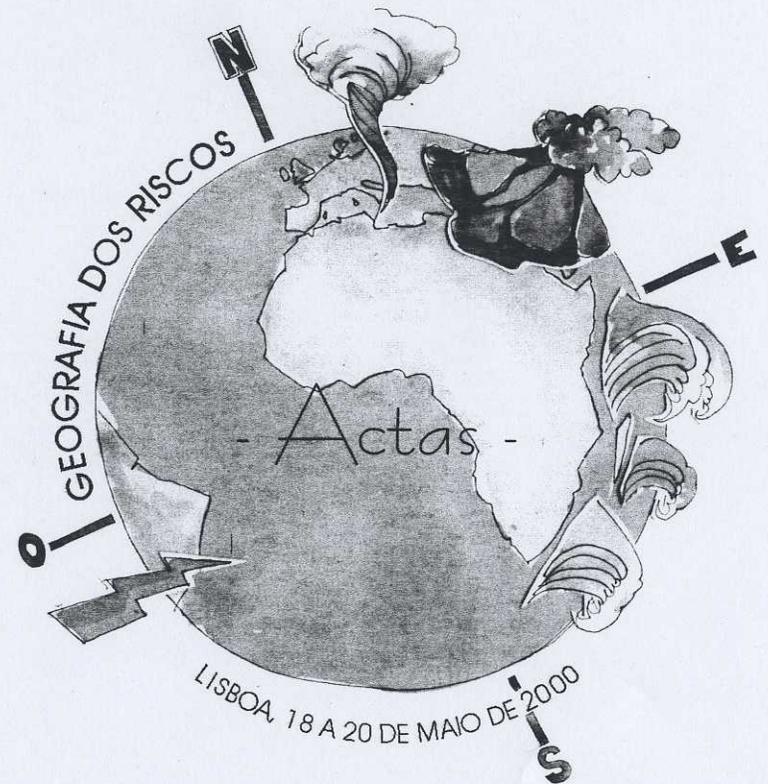


Colóquio Geografia dos Riscos



Lisboa, 18 a 20 de Maio de 2000

RISCOS GEOMORFOLÓGICOS
O EXEMPLO DOS MOVIMENTOS DE VERTENTE

José Luís Zêzere
Centro de Estudos Geográficos – Universidade de Lisboa

1. INTRODUÇÃO

A classificação clássica dos processos de evolução de vertentes considera uma divisão fundamental entre os processos de erosão hídrica e os movimentos de vertente.

As modalidades de escoamento superficial nas vertentes incluem a escorrência em toalha, a escorrência difusa e a escorrência concentrada (responsável pela abertura de sulcos e ravinas). Em regra, estes processos de erosão hídrica não colocam directamente em risco vidas humanas. As consequências da escorrência nas vertentes são fundamentalmente importantes no que respeita à diminuição do potencial ecológico dos terrenos, e podem ter implicações sensíveis na produtividade da actividade agrícola. Com efeito, os processos de erosão hídrica, frequentemente potenciados e agravados por acções antrópicas desajustadas, constituem a principal causa da perda de solo arável, à escala global, estando na origem de um dos principais problemas ambientais do final do século XX.

Os movimentos de vertente, determinados pela gravidade e, quase sempre, pelo teor em água presente nos terrenos, incluem desabamentos, balançamentos, deslizamentos, expansões laterais, escoadas e movimentos complexos. Os riscos associados a estas manifestações de instabilidade têm sido frequentemente subestimados devido, por um lado, a uma ignorância generalizada acerca da natureza, significado e causas dos movimentos; e, por outro, à sua frequente atribuição a outros factores (quase sempre o mecanismo desencadeante), como uma chuvada intensa, um sismo ou uma erupção vulcânica. As observações efectuadas na generalidade dos países do mundo têm demonstrado que os movimentos de vertente, enquanto

manifestações de instabilidade geomorfológica, podem colocar em risco vidas humanas e afectar significativamente todas as actividades antrópicas desenvolvidas no território. A tomada de consciência destes factos, por parte das populações e entidades responsáveis, tem aumentado nos últimos anos e é justificada, em larga medida, pela ocorrência cada vez mais frequente de eventos catastróficos, como os verificados, por exemplo, em Ribeira Quente (Açores) em 1997, na Campania (Itália) em 1998, ou na Venezuela e no Brasil em 1999.

De acordo com os dados da UNDRO (D'Ercole *et al.*, 1995), a população afectada por catástrofes naturais tem aumentado a um ritmo anual de 6%, ou seja, quase o dobro do crescimento demográfico médio no Mundo. Este facto é justificado, de alguma forma, pelo aumento exponencial das superfícies urbanizadas verificado nas últimas quatro décadas, que conduziu à utilização crescente de áreas relativamente marginais, naturalmente expostas a perigos naturais e, por essa razão, pouco aptas à construção.

2. MODELO CONCEPTUAL DO RISCO GEOMORFOLÓGICO

De acordo com Bonnard (1984) e Jones (1992), em áreas susceptíveis a manifestações de instabilidade, é necessário o conhecimento detalhado do seu funcionamento e a avaliação das suas consequências potenciais, de modo a minimizar os prejuízos, por recolocação das populações e actividades económicas, implementação de medidas de estabilização e uma correcta gestão do território, no que respeita às futuras intervenções humanas.

A terminologia internacional correntemente utilizada no estudo dos riscos naturais foi sistematizada por Vames (1984), no âmbito do Programa de Ciências da Terra da UNESCO. Para este autor, a perigosidade natural (*natural hazard*) é definida como a “probabilidade de ocorrência de fenómenos potencialmente destruidores, num determinado período de tempo e numa dada área” (op.cit., p.10). A vulnerabilidade do território (*vulnerability*) corresponde ao grau de perda de um dado elemento ou conjunto de elementos em risco (populações, propriedades, actividades

económicas, etc.), em resultado da ocorrência de uma manifestação de instabilidade de determinada magnitude (op.cit., p.10). O conceito de risco (*risk*) está intimamente associado aos anteriores (Fig. 1), sendo o produto da perigosidade pela vulnerabilidade; por outras palavras, o risco exprime a possibilidade da ocorrência de consequências graves, económicas ou mesmo para a segurança das pessoas, em resultado do desencadeamento de um fenómeno natural ou induzido pela actividade antrópica (Vames, 1984; Hansen, 1984; Einstein, 1988; Hartén e Viberg, 1988; Fell e Hartford, 1997; Leroi, 1997).

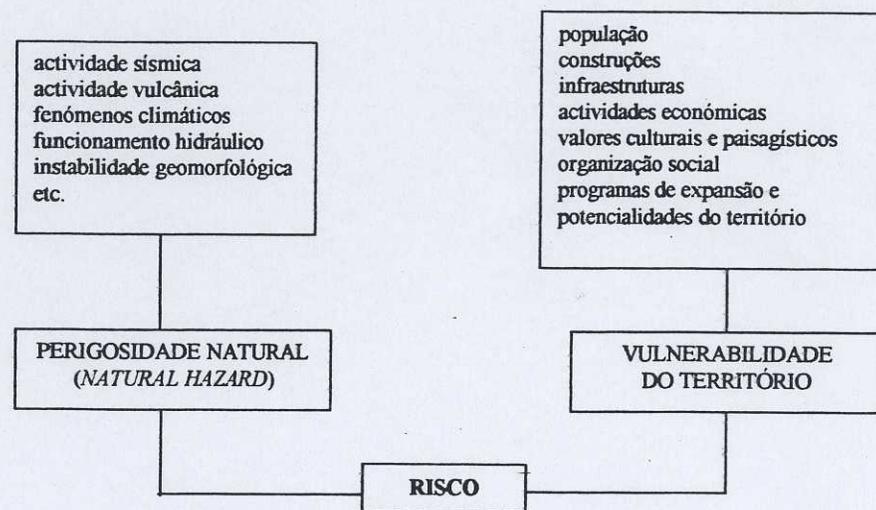


Fig. 1 - Esquema conceptual do risco (adaptado de Panizza, 1990 e Zêzere e Rodrigues, 1991).

A instabilidade geomorfológica, em particular no que respeita aos movimentos de vertente, é uma das componentes da perigosidade natural e pode sistematizar-se na sua relação com o risco geomorfológico (Fig. 2).



Fig. 2 - Esquema conceptual do risco geomorfológico (adaptado de Panizza, 1990).

De acordo com Avias (1984, p.300), “prever um movimento de vertente é prever a possibilidade do seu desencadeamento no espaço e no tempo”. Deste modo, a predição da perigosidade compreende um aspecto temporal, que só pode ser

resolvido pelo conhecimento do mecanismo do movimento e do período de recorrência dos respectivos factores desencadeantes; e um aspecto espacial, que apenas pode ser solucionado através da cartografia. Neste contexto, são consideradas usualmente três fases fundamentais na avaliação da perigosidade (Gueremy, 1984; Asté, 1991; Soeters e Van Westen, 1996):

- a) inventário e análise das manifestações de instabilidade que já se verificaram na área em questão;
- b) identificação dos factores condicionantes e desencadeantes responsáveis pelo aparecimento ou aceleração dos movimentos;
- c) interpretação dos factores à luz do conhecimento adquirido, implementando modelos que têm em conta os mecanismos detectados e as regras resultantes da experiência acumulada.

O modelo conceptual básico subjacente à avaliação da perigosidade geomorfológica baseia-se, assim, na correlação, directa ou indirecta, de um conjunto mais ou menos amplo de factores (litologia, estrutura, morfologia, declive, rede de drenagem, coberto vegetal, intervenções antrópicas, etc.) com as manifestações de instabilidade. Este modelo conceptual é sustentado por três princípios fundamentais (Varnes, 1984): 1) o passado e o presente são as chaves para o futuro; 2) as principais condições que originam os movimentos de vertente podem ser identificadas; 3) os graus de perigosidade podem ser estimados.

O primeiro princípio recorre à noção do uniformitarismo ou actualismo, admitindo que a instabilidade futura deverá verificar-se sob condições idênticas às que determinaram a instabilidade passada e presente. O segundo princípio refere-se ao facto de as principais condições que determinam os movimentos poderem ser identificadas, a partir do estudo de casos pontuais, e depois extrapoladas para áreas mais vastas. O terceiro princípio indica que é possível estimar a significância relativa de cada factor de instabilidade e, deste modo, classificar o perigo, em função da sua distinta incidência no terreno.

O risco geomorfológico existe sempre que as populações, bens ou actividades possam ser prejudicados, destruídos ou interrompidos pela ocorrência de um

fenómeno de instabilidade geomorfológica (Asté, 1991). Deste modo, a avaliação dos graus de risco implica a estimativa do nível provável dos estragos, para cada elemento em risco existente no território em questão. Consoante a natureza dos elementos afectados, podem distinguir-se danos estruturais para os bens materiais (manufacturados) e naturais, prejuízos corporais para as pessoas e perturbações funcionais para as diversas actividades e funções desenvolvidas no território (Fig. 3).

A vulnerabilidade dos elementos expostos depende das suas características intrínsecas, mas também das propriedades dinâmicas dos movimentos de vertente (Hong *et al.*, 1997), assim como das solicitações mecânicas por eles produzidas. Estes dois últimos aspectos condicionam a intensidade dos movimentos de vertente, cuja definição permanece pouco clara no domínio da instabilidade geomorfológica, ao contrário do que acontece, por exemplo, na avaliação do risco sísmico (Leone *et al.*, 1996). Com efeito, como salienta Leroi (1996), os parâmetros físicos que melhor permitem definir a vulnerabilidade variam em função dos tipos de movimentos considerados. Compreende-se, desta forma, que não exista ainda uma escala de intensidade para os fenómenos de instabilidade de vertentes utilizada de modo generalizado, facto que coloca evidentes entraves à definição de cenários de risco associado aos movimentos de vertente.

O risco geomorfológico pode ser reduzido a partir da intervenção em qualquer um dos seus componentes (perigosidade, vulnerabilidade dos elementos expostos), sendo nulo se um deles for eliminado. A este respeito, convém assinalar que a vulnerabilidade é sempre menor quando:

- são conhecidas as manifestações de instabilidade que potenciam situações de risco, através de uma investigação sistemática aplicada;
- os cidadãos conhecem e salvaguardam o território onde se enquadram;
- os organismos responsáveis têm uma intervenção rápida e eficaz, na prevenção e na gestão das situações de crise.

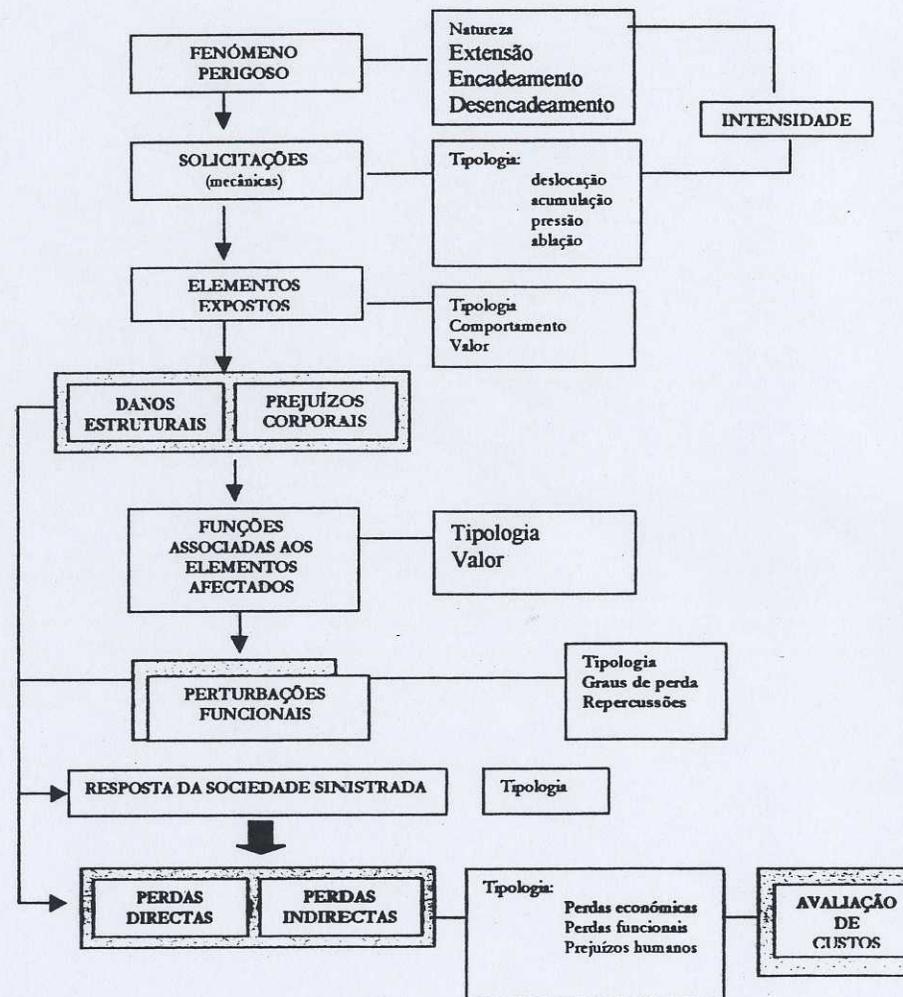


Fig. 3 - Etapas da avaliação da vulnerabilidade associada aos movimentos de vertente (adaptado de Leone *et al.*, 1995 e Leone *et al.*, 1996).

3. FACTORES CONDICIONANTES E FACTORES DESENCADANTES DA INSTABILIDADE GEOMORFOLÓGICA

Na perspectiva da Mecânica de Solos, uma vertente constitui um sistema onde as tensões tangenciais (componentes da força gravítica) e a resistência ao movimento (condicionada pelas características físicas e hidrológicas dos terrenos) estão continuamente em oposição. Neste sentido, as causas dos movimentos de vertente podem ser sistematizadas em função dos factores que contribuem para o aumento da tensão tangencial nas vertentes, e dos factores que fazem reduzir a resistência ao corte dos terrenos (Varnes, 1978; Cruden e Varnes, 1996).

As técnicas da Mecânica de Solos apresentam a vantagem de quantificar o grau de estabilidade das vertentes, através de um factor de segurança (*safety factor*). No entanto, a aplicação destas técnicas implica o conhecimento detalhado dos parâmetros geotécnicos e hidrológicos dos terrenos envolvidos, cuja grande variabilidade inviabiliza, quase sempre, a quantificação da sua variação regional (Jibson e Keefer, 1989).

Quando as manifestações de instabilidade são muito numerosas e abrangem áreas extensas, é mais proveitoso recolher informação básica e analisá-la através da estatística descritiva (Carrara *et al.*, 1982). Neste contexto, resulta mais prática a subdivisão das causas dos movimentos de vertente em factores condicionantes ou preparatórios, que são mais ou menos permanentes e determinam a variação espacial do grau de susceptibilidade às manifestações de instabilidade, e factores desencadeantes, que constituem a causa próxima dos movimentos (Crozier, 1986).

Os factores condicionantes da instabilidade geomorfológica habitualmente considerados incluem a litologia, estrutura geológica, morfologia, morfometria das vertentes, processos geomorfológicos, coberto vegetal, uso do solo e interferências antrópicas.

Os factores desencadeantes são, por definição, “estímulos externos (...) que provocam uma resposta quase imediata sob a forma de um movimento de vertente, através de um rápido aumento das tensões tangenciais ou da redução da resistência dos terrenos” (Wieczorek, 1996, p.76). Deste modo, o curto espaço de tempo entre a

causa e o efeito deve ser entendido como o elemento crítico para a sua identificação. De entre os factores desencadeantes da instabilidade geomorfológica geralmente referidos destacam-se: precipitações intensas, fusão de neves e gelo, variação na posição das toalhas freáticas, erupções vulcânicas e tremores de terra.

A precipitação é um dos principais factores desencadeantes dos movimentos de vertente e tem um papel determinante na instabilidade geomorfológica em Portugal, como se comprova pela quase absoluta restrição da actividade dos movimentos de vertente aos anos caracterizados por chuvas intensas e concentradas ou abundantes e prolongadas. De acordo com Terzaghi (1953) e Gostelow (1991) existem duas modalidades de instabilização provocadas pela água no solo:

- a) Diminuição da resistência ao corte dos terrenos por redução da coesão aparente. Durante as chuvadas intensas, a água infiltra-se no solo e forma uma frente de percolação com progressão vertical, responsável pela eliminação das pressões negativas nos vazios, decorrentes da capilaridade. Deste modo, os planos de ruptura dos movimentos de vertente desencadeados por este processo localizam-se, quase sempre, no contacto entre a faixa de solo saturado e o subsolo não saturado.
- b) Diminuição da resistência ao corte dos terrenos por aumento das pressões intersticiais ao nível dos planos de ruptura potenciais. Estas pressões intersticiais positivas são determinadas pela subida dos níveis piezométricos, que se verifica, geralmente, com um determinado atraso relativamente às precipitações que a origina.

4. A AVALIAÇÃO ESPACIAL DA PERIGOSIDADE GEOMORFOLÓGICA

A Figura 4 ilustra uma metodologia para a avaliação espacial da perigosidade geomorfológica, sustentada na cartografia geomorfológica de pomenor e na inventariação de todos dos movimentos de vertente identificados (Zêzere, 1997). A recolha sistemática de informação cartográfica e alfanumérica, conducente à criação de

uma base de dados da instabilidade das vertentes, permite a análise morfométrica dos diferentes tipos de movimentos de vertente, bem como o estudo das relações existentes entre as manifestações de instabilidade e os factores que, directa ou indirectamente, as condicionam (por exemplo, litologia, estrutura geológica, declive e forma das vertentes, coberto vegetal e uso do solo, actividade antrópica, etc.). Neste contexto, a avaliação da perigosidade geomorfológica deve basear-se na distribuição espacial dos movimentos de vertente já existentes, e no cruzamento dessa distribuição com a repartição espacial dos factores condicionantes da instabilidade.

Os métodos de avaliação espacial da perigosidade podem dividir-se em métodos de cartografia directa e indirecta, consoante a zonagem se baseie, respectivamente, na análise dos efeitos ou das causas da instabilidade.

Os métodos de cartografia directa, também referidos por método geomorfológico, caracterizam-se por uma avaliação qualitativa da perigosidade. As zonagens baseiam-se num mapa de inventário dos movimentos de vertente, classificados quanto à tipologia e actividade, cuja informação é, frequentemente, extrapolada para a estimativa do perigo fora dos limites da instabilidade presente e passada, a partir das relações entre os movimentos de vertente e o quadro geomorfológico, e da utilização do princípio da causalidade (Soeters e Van Westen, 1996). Deste modo, a avaliação directa da perigosidade assenta na experiência individual do geomorfólogo que fez o levantamento de campo, que selecciona, pondera e determina as combinações mais relevantes entre os factores de instabilidade, para definir as situações de perigo.

A possibilidade de tomar em consideração, simultaneamente, um grande número de factores para a determinação da instabilidade actual e potencial constitui a principal vantagem destes métodos. O seu inconveniente mais relevante reside na elevada subjectividade que caracteriza todas as fases da avaliação da perigosidade, que torna praticamente impossível a comparação de mapas produzidos por diferentes investigadores.

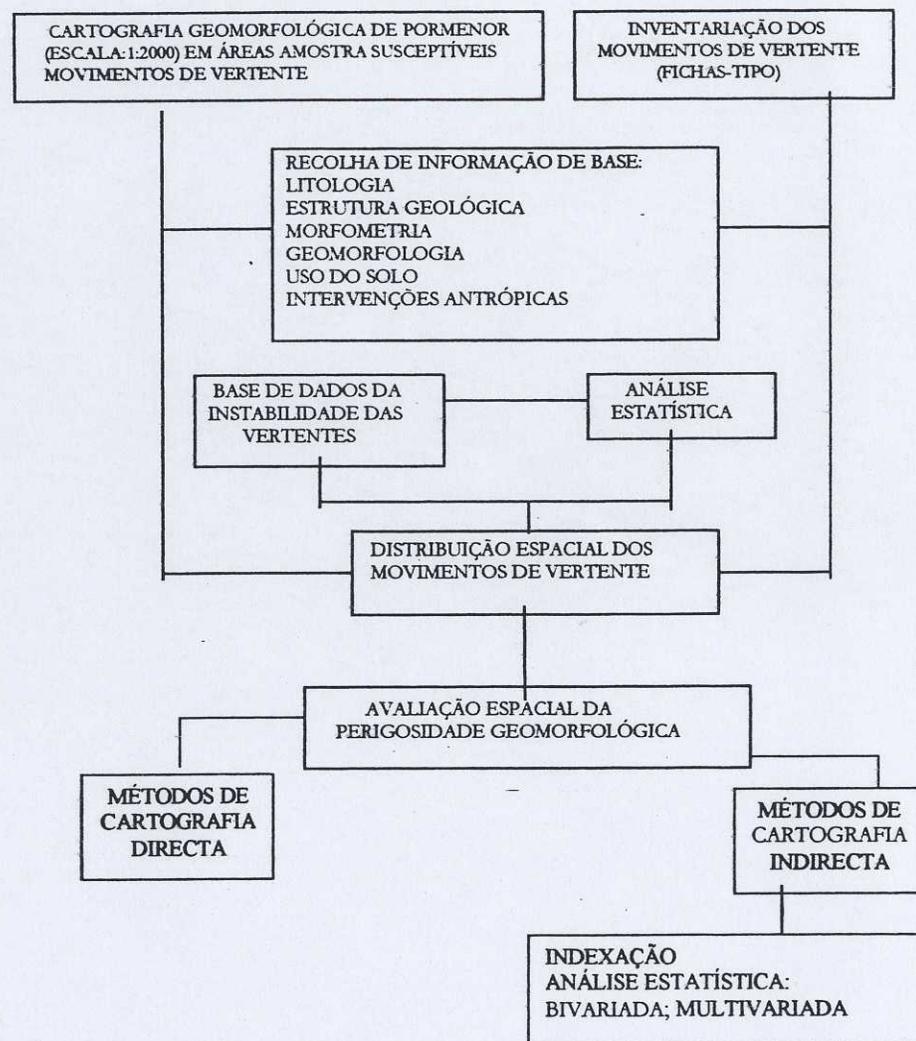


Fig 4 - Metodologia para a avaliação espacial da perigosidade geomorfológica.

Os métodos de cartografia indirecta baseiam-se, fundamentalmente, nas causas da instabilidade, procurando identificar os parâmetros que controlam os movimentos e construir um modelo que simule o sistema dos movimentos de vertente, de modo a determinar as localizações de maior perigo (Hansen, 1984). A ponderação das variáveis que determinam a instabilidade é obtida a partir da sua representação cartográfica e da análise das relações com a distribuição espacial dos movimentos de vertente, numa base geométrica ou em polígonos definidos a partir do cruzamento de alguns dos factores condicionantes (unidades de terreno). O modo de atribuição do peso aos factores considerados está na base da subdivisão apresentada para os métodos de cartografia indirecta.

Nas avaliações por indexação, o conhecimento geomorfológico do terreno é utilizado para a atribuição subjectiva de *scores* a um conjunto de factores de instabilidade passíveis de representação cartográfica (Soeters e Van Westen, 1996). No final, os *scores* relativos a cada unidade de terreno são somados ou multiplicados, conduzindo a valores de perigo que, depois, podem ser divididos em classes.

As técnicas de avaliação da perigosidade geomorfológica baseadas na análise estatística são frequentemente designadas por modelos *black-box* (Hartelén e Viberg, 1988). Os factores que condicionaram a instabilidade passada e presente são relacionados através de uma função paramétrica empírica, possibilitando a predição quantificada da perigosidade nas áreas ainda não afectadas por movimentos de vertente.

As avaliações da perigosidade geomorfológica com base em modelos estatísticos, embora sejam objectivas, não são sustentadas por justificações físicas, visto que não se baseiam nos parâmetros da resistência ao corte e da tensão tangencial dos terrenos considerados (Carrara *et al.*, 1992; Terlien, 1996). Deste modo, as relações estatísticas que exprimem a perigosidade na sua dimensão espacial não são facilmente extrapoláveis para outras áreas, mesmo quando o contexto geológico e geomorfológico é similar (Mulder, 1991; Terlien, 1996).

5. A AVALIAÇÃO TEMPORAL DA PERIGOSIDADE GEOMORFOLÓGICA

A maior parte dos movimentos de vertente ocorridos recentemente em Portugal apresenta um sinal climático evidente, comprovado pela estreita relação existente entre as manifestações de instabilidade e situações particulares do regime da precipitação. Deste modo, o estado de actividade dos diferentes tipos de movimentos, mais do que condicionado pelas respectivas características mecânicas e dinâmicas, depende fundamentalmente do período de retorno das precipitações responsáveis pelo seu desencadeamento.

A metodologia proposta para a avaliação temporal da perigosidade geomorfológica (Zêzere, 1997) implica, em primeiro lugar, a reconstituição das datas da actividade dos movimentos de vertente ocorridos no passado, a partir de investigação de arquivo, trabalho de campo e inquérito às populações locais (Fig. 5). Paralelamente, deve ser efectuada a análise dos dados da precipitação diária, referentes a postos udométricos representativos do território em estudo, com vista à reconstrução das precipitações antecedentes que estiveram na origem do desencadeamento das manifestações de instabilidade atrás referidas (Fig. 5).

Gostelow (1991) apresenta uma excelente síntese bibliográfica dos trabalhos sobre movimentos de vertente desencadeados pela precipitação e conclui da inexistência de limiares críticos de intensidade/duração dos episódios pluviosos que possam ser aplicados universalmente. Uma justificação para este facto consiste na existência de diferentes limiares críticos de precipitação para os vários tipos de movimentos de vertente, pelo que uma mesma situação climática pode determinar padrões de actividade muito distintos, fazendo baixar as correlações entre as precipitações e as manifestações de instabilidade (Van Asch e Buma, 1996). Por esta razão, o estudo das relações entre a precipitação e a ocorrência dos movimentos de vertente deve tomar em consideração a tipologia das manifestações de instabilidade (Fig. 5).

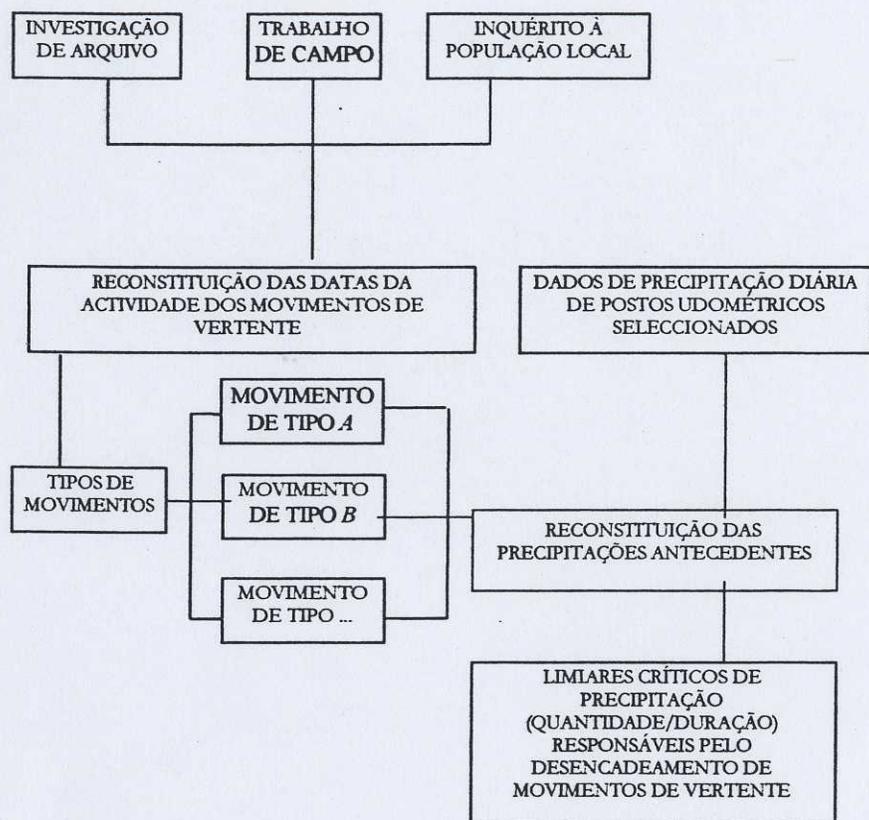


Fig. 5 - Metodologia para a avaliação temporal da perigosidade geomorfológica.

A metodologia proposta inclui a reconstrução das chuvas acumuladas para diferentes durações e a determinação dos respectivos períodos de retorno, de modo a procurar definir os limiares críticos de quantidade/duração de precipitação, responsáveis pelo desencadeamento dos diferentes tipos de movimentos de vertente cuja data de ocorrência é conhecida. De acordo com D'Ecclesiis *et al.* (1991), considera-se que as combinações de quantidade de chuva acumulada / duração do período chuvoso que apresentam períodos de recorrência mais elevados, são as mais

significativas, do ponto de vista estatístico, para justificar a ocorrência dos movimentos de vertente, permitindo a determinação do chamado “período eficaz da precipitação”.

As manifestações de instabilidade devem ser igualmente relacionadas com precipitações acumuladas ponderadas, tendo em consideração que os efeitos de um evento pluvioso particular deixam de fazer-se sentir após um certo período de tempo, por drenagem da água no terreno. A este respeito, Crozier (1986) acentua o papel determinante das chuvas verificadas imediatamente antes da ocorrência dos movimentos de vertente e propõe a introdução de uma função exponencial para expressar a diminuição da importância da precipitação com a distância temporal relativamente à data de interesse:

$$P_{ax} = KP1 + K^2P2 + \dots + K^n Pn$$

sendo:

P_{ax} = precipitação antecedente ponderada para o dia x ;

$P1$ = precipitação diária do dia anterior ao dia x ;

Pn = precipitação diária do dia n anterior ao dia x ;

K = constante empírica, geralmente considerada entre 0,8 e 0,9, que depende da capacidade de drenagem dos terrenos e das características hidrológicas da área em análise.

6. CONCLUSÃO

O risco geomorfológico verifica-se nas áreas onde há a possibilidade de ocorrerem manifestações de instabilidade com potencial destruidor, e onde existem elementos vulneráveis susceptíveis de serem, directa ou indirectamente, afectados.

A avaliação da perigosidade associada aos movimentos de vertente representa uma etapa decisiva na determinação das situações de risco, implicando a procura de respostas para duas questões fundamentais:

- a) onde vão ocorrer os futuros movimentos de vertente ?

b) **quando** vão ocorrer esses movimentos de vertente ?

A resposta à primeira questão implica o conhecimento da distribuição espacial dos diferentes tipos de movimentos de vertente existentes no território, acompanhado do estudo das suas relações com os factores condicionantes da instabilidade geomorfológica. A experiência acumulada através do estudo de áreas-amostra com características geológicas e geomorfológicas similares, mostra que a relação entre os movimentos de vertente e os factores condicionantes se reveste de características particulares em cada uma das áreas-amostra, facto que coloca em evidência a dificuldade em extrapolar a informação assim obtida a superfícies mais vastas. Deste modo, pode concluir-se que a avaliação espacial da perigosidade geomorfológica de uma área particular, ao implicar o conhecimento aprofundado da instabilidade das vertentes, só é possível com o levantamento detalhado dos movimentos de vertente aí existentes e com o estudo dos factores locais que os condicionam.

A resposta à segunda questão implica o reconhecimento dos factores desencadeantes da instabilidade geomorfológica e a caracterização dos seus períodos de recorrência. No que diz respeito à precipitação, a determinação de limiares críticos relativamente precisos de quantidade – duração da chuva constitui uma etapa fundamental para a previsão de futuros episódios de instabilidade nas vertentes. A consecução deste objectivo implica a disponibilidade dos valores da precipitação diária em tempo real, de modo a possibilitar o cálculo permanente das precipitações acumuladas. Infelizmente, esta necessidade é quase sempre contrariada pelo atraso na divulgação dos registos da precipitação, por parte das entidades responsáveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASTE, J.-P. (1991) - Landslide Hazard Analysis - Landslide Risk Mapping. In ALMEIDA-TEIXEIRA, M.E.; FANTECHI, R.; OLIVEIRA, R.; GOMES COELHO, A. (Eds.), *Prevention and Control of Landslides and Other Mass Movements*, Commis. European Communities, Brussels, p.165-170.
- AVIAS, J. (1984) - Sur la méthodologie de prévision et de prévention des risques liés aux mouvements de terrain d'origine principalement hydrique. *Mouvements de Terrain. Colloque de Caen, Documents du B.R.G.M.*, 83, Paris, p.299-307.

- BONNARD, C. (1984) - Risques d'instabilité - Approche pluridisciplinaire dans la detection des glissements de terrain. *Mouvements de Terrain. Colloque de Caen, Documents du B.R.G.M.*, 83, Paris, p.309-316.
- CARRARA, A.; CARDINALI, M.; GUZZETTI, F. (1992) - Uncertainty in assessing landslide hazard and risk. *ITC Journal*, 1992-2, Enschede, p.172-183.
- CARRARA, A.; SORRISO-VALVO, M.; REALI, C. (1982) - Analysis of landslide form and incidence by statistical techniques, Southern Italy. *Catena*, 9, Braunschweig, p.35-62.
- CROZIER, M.J. (1986) - *Landslides: Causes, Consequences and Environment*, Croom Helm, London.
- CRUDEN, D.M.; VARNES, D.J. (1996) - Landslide Types and Processes. In TURNER, A.K.; SCHUSTER, R.L. (Eds.), *Landslides. Investigation and Mitigation*. Transportation Research Board, Special Report 247, National Academy Press, Washington D.C., p.36-75.
- D'ECCELSIIS, G.; GRASSI, D.; MERENDA, L.; POLEMIO, M.; SDAO, F. (1991) - Evoluzione geomorfologica di un'area suburbana di Castronuovo S. Andrea (PZ) ed incidenza delle piogge su alcuni movimenti di massa. *Geologia Applicata e Idrogeologia*, XXVI, Bari, p.141-163.
- D'ERCOLE, R.; THOURET, J.-C.; ASTE, J.P.; DOLLFUS, O.; GUPTA, A. (1995) - Croissance urbaine et risques naturels: Présentation introductive. *Bull. Assoc. Géogr. Franç.*, Paris, 1995-4, p.311-341.
- EINSTEIN, H.H. (1988) - Special lecture: Landslide risk assessment procedure. In BONNARD, C. (Ed.), *Landslides, Proceedings of the Fifth International Symposium on Landslides, Lausanne, 1988*, Vol. 2, Balkema, Rotterdam, p.1075-1090.
- FELL, R.; HARTFORD, D. (1997) - Landslide risk management. In CRUDEN & FELL (Eds.), *Landslide Risk Assessment*, Balkema, Rotterdam, p.51-109.
- GOSTELOW, P. (1991) - Rainfall and Landslides. In ALMEIDA-TEIXEIRA, M.E.; FANTECHI, R.; OLIVEIRA, R.; GOMES COELHO, A. (Eds.), *Prevention and Control of Landslides and Other Mass Movements*, Commis. European Communities, Brussels, p.139-161.
- GUEREMY, P. (1984) - Rapport de présentation - Section II - Cartographie des risques de mouvements de terrain et cartographies intégrées des risques naturels. *Mouvements de Terrain. Colloque de Caen, Documents du B.R.G.M.*, 83, Paris, p.123-129.
- HANSEN, A. (1984) - Landslide hazard analysis. In BRUNSDEN, D.; PRIOR, D.B. (Eds.), *Slope Instability*, John Wiley and Sons, Chichester, p.523-602.
- HARTLÉN, J.; VIBERG, L. (1988) - General report: Evaluation of landslide hazard. In BONNARD, C. (Ed.), *Landslides, Proceedings of the Fifth International Symposium on Landslides, Lausanne, 1988*, Vol. 2, Balkema, Rotterdam, p.1037-1057.
- JIBSON, R.W.; KEEFER, D.K. (1989) - Statistical analysis of factors affecting landslide distribution in the New Madrid seismic zone, Tennessee and Kentucky. *Engineering Geology*, 27, Amsterdam, p.509-542.

- JONES, D.K. (1992) - Landslide hazard assessment in the context of development. In Mc CALL, G.J.; LAMING, D.J.; SCOTT, S.C. (Eds.), *Geohazards. Natural and Man-made*. Chapman and Hall, London, p.117-141.
- LEONE, F.; ASTÉ, J.P.; LEROI, E. (1996) - Vulnerability assessment of elements exposed to mass-movement: Working toward a better risk perception. In SENNESET (Ed.), *Landslides, Proceedings of the 7th International Symposium on Landslides*, Vol. 1, Balkema, Rotterdam, p.263-269.
- LEONE, F.; ASTE, J.P.; VELASQUEZ, E. (1995) - Contribution des constants d'endommagement au développement d'une méthodologie d'évaluation de la vulnérabilité appliquée aux phénomènes de mouvements de terrain. *Bull. Assoc. Géogr. Franç.*, Paris, 1995-4, p.350-371.
- LEROI, E. (1996) - Landslide hazard - Risk maps at different scales: Objectives, tools and developments. In SENNESET (Ed.), *Landslides, Proceedings of the 7th International Symposium on Landslides*, Vol. 1, Balkema, Rotterdam, p.35-51.
- LEROI, E. (1997) - Landslide risk mapping: Problems, limitations and developments. In CRUDEN & FELL (Eds.), *Landslide Risk Assessment*, Balkema, Rotterdam, p.239-250.
- MULDER, F. (1991) - Assesment of landslide hazard. *Nederlandse Geografische Studies*, 124, Amsterdam/ Utrecht.
- PANIZZA, M. (1990) - *Geomorfologia applicata. Metodi di applicazione alla Pianificazione territoriale e alla Valutazione d'Impatto Ambientale*. La Nuova Italia Scientifica, Roma.
- SCHUSTER, R.L. (1996) - Socioeconomic Significance of Landslides. In TURNER, A.K.; SCHUSTER, R.L. (Eds.), *Landslides. Investigation and Mitigation*. Transportation Research Board, Special Report 247, National Academy Press, Washington D.C., p.12-35.
- SOETERS, R.; VAN WESTEN, C.J. (1996) - Slope Instability Recognition, Analysis and Zonation. In TURNER, A.K.; SCHUSTER, R.L. (Eds.), *Landslides. Investigation and Mitigation*. Transportation Research Board, Special Report 247, National Academy Press, Washington D.C., p.129-177.
- TERLIEN, M.T. (1996) - *Modelling spatial and temporal variations in rainfall-triggered landslides*. International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences (ITC), pub. n°32, Enschede.
- TERZAGHI, K. (1952) - *Mecanismo dos escorregamentos de terra*. Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo, separata n°467, São Paulo.
- VAN ASCH, T.; BUMA, J. (1996) - The study of hydrological systems to understand changes in the temporal occurrence of landslides related to climatic changes. In DIKAU, R.; SCHROTT, L.; DEHN, M.; HENNRICH, K.; IBSEN, M.L.; RASEMANN, S. (Eds.), *The temporal stability and activity of landslides in Europe with respect to climatic change (TESLEC)*. Final Report, Part I - Summary report. European Community, CEC Environmental Programme, p.69-74.
- VARNES, D.J. (1978) - Slope Movement Types and Processes. In SCHUSTER, R.L.; KRIZEK, R.J. (Eds.), *Landslides, Analysis and Control*, Transportation Research Board Special Report, 176, Washington D.C., p.11-33.
- VARNES, D.J. (1984) - *Landslide hazard zonation: a review of principles and practice*. UNESCO, Paris.
- WIECZOREK, G.F. (1996) - Landslide triggering mechanisms. In TURNER, A.K.; SCHUSTER, R.L. (Eds.), *Landslides. Investigation and Mitigation*. Transportation Research Board, Special Report 247, National Academy Press, Washington D.C., p.76-90.
- WONG, H.; HO, K.; CHAN, Y. (1997) - Assessment of consequences of landslides. In CRUDEN & FELL (Eds.), *Landslide Risk Assessment*, Balkema, Rotterdam, p.111-149.
- ZÊZERE, J.L. (1997) - *Movimentos de vertente e perigosidade geomorfológica na Região a Norte de Lisboa*, Dissertação de Doutoramento, Universidade de Lisboa.
- ZÊZERE, J.L.; RODRIGUES, M.L. (1991) - Estudo e prevenção de riscos naturais - o contributo da Geografia Física. *Actas do 1º Congresso da Geografia Portuguesa*, Lisboa, p.443-455.